

Aus dem Hygienischen Institut der Universität Erlangen

Vorstand: Professor Dr. Maximilian Knorr

Eine verbesserte Methode des Uraninnachweises im Grundwasser und ihre praktische Anwendung

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Medizinischen Fakultät

an der

Friedrich-Alexander-Universität

zu Erlangen

1961

Vorgelegt von

Otto-Jürgen Klatte

aus Kolberg

Gedruckt mit Erlaubnis der Fakultät



Dekan: Professor Dr. Eugen Schreck

Referent: Professor Dr. Maximilian Knorr

Tag der mündlichen Prüfung: 27. 7. 1961.

Sonderdruck aus

Band 146, Heft 2 (1962)

Archiv für Hygiene und Bakteriologie

VERLAG URBAN & SCHWARZENBERG, MÜNCHEN-BERLIN

Alle Rechte, auch die des Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten

*Aus dem Hygienisch-Bakteriologischen Institut der Universität Erlangen-Nürnberg
(Vorstand: Prof. Dr. M. Knorr)*

Eine verbesserte Methode des Uraninnachweises im Grundwasser

Von O. J. Klatte

Mit 1 Abbildung

Bei Untersuchungen über die notwendige Größe von Schutzzonen, den Ausschluß von Gefahrenquellen für Trinkwasser oder bei der Grundwasseranreicherung wird man auch heute die geologischen und hydrologischen Unterlagen durch Färbe-, Salzungs- oder Bakterienversuche ergänzen. Sie allein geben Auskunft über die tatsächliche Verweildauer solcher Stoffe vom Punkte ihrer Einbringung in den Grundwasserleiter bis zur Stelle der Wiederauffindung. Die hygienische Bedeutung der Verweildauer ergibt sich daraus, daß selbst gesundheitsschädliche, abbaufähige Stoffe und Mikroben nach 50 ± 10 Tagen in einem Grundwasserleiter beseitigt sind (Knorr).

Da die Bestimmung im wesentlichen von der Feinheit der jeweils benutzten Nachweismethode abhängig ist, muß versucht werden, die vorhandenen Verfahren so zu verbessern, daß tatsächlich der früheste materielle Nachweis außer Zweifel steht. Die Vermutung liegt nahe, daß geringe Fließgeschwindigkeiten dadurch entstehen, daß die Nachweismethoden nicht genügend fein sind. Wird z. B. das Fluorescein auf einer Strecke von 100 m erst nach 50 Tagen gefunden, wenn schon stärkere Mengen erscheinen, so wäre die Fließgeschwindigkeit 2 m am Tag, während sie in Wirklichkeit, bei einer entsprechenden Verbesserung der Methode, unter Umständen bis zu 4 m am Tag betragen kann, wenn auch die ersten Spuren erfaßt werden. Im ersten Falle würde man eine engere Schutzzone von 100 m für ausreichend erachten, im zweiten Falle wären jedoch 200 m nötig.

Da das Fluorescein auch heute noch bei geeigneten Profilen der Indikator für die Bestimmung der Fließgeschwindigkeit ist, sollte seine Nachweismethode überprüft werden.

A. Literatur und Problemstellung

Das Fluorescein wurde für Färbeversuche zum erstenmal 1877 von Ten Brink bei der Donauversickerung bei Immendingen benutzt. Seither ist dieser Farbstoff durch seine Nachweisbarkeit in geringsten Konzentrationen, geringe Zersetzbar-

keit und vor allem durch seine Unschädlichkeit bei der Aufnahme per os*) an die erste Stelle bei der Anfärbung von Grundwasser gerückt. Lediglich in stark saueren Gewässern wird man zu anderen Mitteln greifen müssen, weil das Fluorescein als schwache Säure von Huminsäuren ausgefällt werden kann.

*Gasperini*⁸ berichtet über einen Färbeversuch mit Uranin, um den Zusammenhang einer Brunnenfassung mit dem Wasser des Arnoflusses zu klären. Dabei wurde die Untersuchung auf Uranin mit dem bloßen Auge durchgeführt! *Martin* und *Brouardel*²² schlagen die Untersuchung mit dem von *Trillat* 1899 konstruierten Fluoroskop vor. Das Fluoroskop ist eine Glasröhre (ca. 1 m) die unten einen schwarzen Stopfen hat. Man sieht oben hinein, während das Licht seitlich unten einfällt. Mit Ausnahme des Schlitzes zum Lichteinlaß ist das Glasrohr von einem schwarzen Papprohr umgeben. Zur Untersuchung von getrübttem Wasser werden die Proben filtriert, die Kohlensäure wird durch Ammoniak neutralisiert und so die Farbe regeneriert. *Fleury*⁷ gibt an, daß das Fluorescein seine Vorrangstellung bei der Wasseruntersuchung gegenüber anderen Farbstoffen seiner großen Verdünnungsfähigkeit und seiner Resistenz gegenüber Zersetzung im Boden verdanke. Schließlich sei es auch leicht nachzuweisen. Nach *Mc. Grac* und *G. Stock*⁹ ist zur besseren Nachweisbarkeit stets zu alkalisieren. *Dienert*² gibt eine Apparatur an, in der die Strahlen einer Bogenlampe durch Linsen gebündelt werden. Die Fluoreszenz wird durch ein seitlich angebrachtes, doppelt brechendes Prisma geprüft. Es soll das an Teilchen gestreute, vorwiegend polarisierte Licht zurückhalten und nur die Fluoreszenzstrahlen durchlassen. Auf die erheblichen Unterschiede der Nachweisgrenzen des Fluoresceins in klarem gegenüber getrübttem Wasser weist *Marboutin*²⁰ hin. Andere Nachweismethoden werden von *Quitow*²⁴ beschrieben. Neben dem Nachweis des Uranins im gebündelten Licht versucht er eine Anreicherung von Uranin in Wasserproben durch Ansäuern und Ausschütteln mit Äther oder nach *Mayrhofer* mit Tierkohle und Alkohol. *Egger*³ gibt eine Methode der Anreicherung an, wobei nach *Ohlmüller* Wasser nach Ansäuern mit Essigsäure eingedampft wird. Nach Ausschütteln mit Äther wird alkalisiert und das Uranin in eine geringe Menge Wasser übergeführt. Er hat so 0,2γ Uranin/l nachgewiesen. *Kisskalt* und *Knorr*¹² haben bei der Untersuchung von Diluvialquellen mit Uranin und Kochsalz die Uraninkonzentrationen über längere Zeit hin bestimmt. Es gelang *Knorr* sogar noch 0,12γ Uranin/l nachzuweisen. *Kisskalt*¹¹ berichtet weiter über quantitative Untersuchungen mit Uranin und Kochsalz. *Knorr*¹³ betont die Notwendigkeit des Nachweises geringster Mengen, weil einerseits wegen der Einsprüche von seiten der Bevölkerung eine ausreichende Färbung des Trinkwassers mit Uranin nicht möglich ist, und andererseits die Vorwelle mit ihren geringen Mengen zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit erfaßt werden muß. Besonders in den Untersuchungen mit *Schübel*²⁵ zur Bestimmung der Verweildauer bei Grundwasseranreicherung hatte sich die Notwendigkeit ergeben. Die nachgewiesenen Uraninmengen in klarem und getrübttem Wasser der verschiedenen Autoren sind, unter Berücksichtigung der jeweils angewandten Methode, in einer Tabelle zusammengefaßt. Sie schwanken zwischen 0,05γ²² und 33γ!²³. Der Wert von

* In einer Arbeit von *Masao Umeda* (Cancer Institut Tokio) finden sich hierzu folgende Hinweise: Yao u. a. verfütterten Rhodamin B an Ratten und Mäuse (0,2% des Futters) 200 Tage lang. Tumoren konnten nicht beobachtet werden. *Willheim und Ivy* fanden bei Fütterungsversuchen mit Xanthenderivaten über 18 Monate ebenfalls keine. Der Autor selbst erzielte bei Injektionen von Xanthenderivaten (auch mit Fluoresceinnatrium) Fibrosarkome. Er muß aber zugeben, daß *Nishiyama* u. a. bei der gleichen Versuchsanordnung durch Injektionen auch mit Glukose, Glykogen, Fruktose, Galaktose und Laktose Sarkome erzeugen konnten!

Merkel mit 33 γ ist zweifellos auf eine unzureichende Versuchsanordnung zurückzuführen.

Übersicht über nachgewiesene Uraninkonzentrationen verschiedener Autoren)*

Autor	Konzentration	Nachweismethode
Gasperini	ohne Angabe	mit dem unbewaffneten Auge geprüft
Martin und Brouardel	0,1– 0,05 γ /l	Fluoroskop in klarem Wasser
Mc. Grac und G. Stock	10,0 γ /l	im Wasserbad eingeeengt alkalisiert, Filtration
Marboutin	1,0 γ /l 10,0 γ /l	Fluoroskop klares Wasser Fluoroskop getrübbtes Wasser
Trillat	5,0 γ /l 0,5 γ /l	unbewaffnetes Auge Fluoroskop klares Wasser
Quitow	0,1 γ /l 0,25 γ /l 0,1 γ /l	gebündeltes Licht, klares Wasser Anreicherung, Tierkohle, Alkohol Anreicherung mit Äther
Egger	1,3 γ /l 0,2 γ /l	mit Fluoroskop mit Fluoroskop und Ätheranreicherung
Knorr	0,1 γ /l	n. Alkal., Filtrieren im gebündelten Licht
Kisskalt	0,25 γ /l	mit Fluoroskop
Schübel	0,3 γ /l	wie bei Knorr
Eissele	20,0 γ /l 0,1 γ /l	ohne Angabe Ätheranreicherung
Schulz	10,0 γ /l	unbewaffnetes Auge
Denzler	0,5 γ /l	im gebündelten Licht n. ausgedehnt. Filtr.
Merkel	33,0 γ /l	ohne Angabe

Chemisch-physikalische Eigenschaften des Fluoresceins:

Fluorescein (Resorzinphthalein, Dioxylfluoran, Uranin) ist ein rotes kristallines Pulver. In Wasser ist es schwer löslich, leichter dagegen in Alkohol, Äther und Alkalien. In höheren Konzentrationen weist es eine rotbraune Farbe auf und fluoresziert kaum. In stärkerer Verdünnung fluoresziert es grünlich. Der Nachweis des Fluoresceins bedient sich der Photolumineszenz dieses Stoffes. Die erregende Strahlung für das Fluorescein liegt vom langwelligen U.V. bis zum sichtbaren Violett. Bei ungefähr 450 m μ liegt das Maximum der Fluoreszenzausbeute, danach fällt sie stark ab.

Die erregende Strahlung regt dann den im Gelben liegenden Emissionsteil an, so daß nur noch ein Teil der Gesamtstrahlung emittiert werden kann. (Meyer-

* Über die Identität der benutzten Farbstoffe ist eine Aussage nicht möglich.

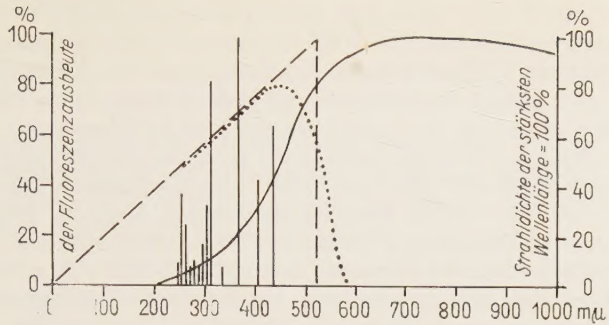


Abb. 1 zeigt (modifiziert nach Meyer-Seitz) die energetische Fluoreszenzausbeute einer Fluoresceinlösung in Abhängigkeit von der Wellenlänge (— — theoretischer Verlauf nach der Stokes'schen Regel, beobachtete Kurve) und die spektrale Verteilung der Strahllichten einer Quecksilberhochdrucklampe (!) und eines Kohlenbogenlichtes (—). Würde man die Strahllichten von 25 000 Stilb und 18 000 Stilb mitberücksichtigen, so läge die Kurve des Kohlenbogenlichtes um ca. $\frac{1}{3}$ tiefer. Das kontinuierliche Spektrum des Hg-Brenners und die Banden bei 546 und 578 m μ wurden der Einfachheit halber fortgelassen.

Seitz)¹⁹. Die Fluoreszenz ist ferner abhängig vom pH-Wert der Lösungen. Am stärksten ist sie bei pH 8, unterhalb von pH 7 nimmt sie stark ab. Sie wird auch zum kurzwelligen Bereich hin verschoben, so daß die grünliche Fluoreszenz in eine bläuliche übergeht, was die Beurteilung erschwert, da im Wasser ja auch andere fluoreszierende Stoffe vorkommen können, wie z. B. aromatische Kohlenwasserstoffe, die ebenfalls blau fluoreszieren.

Methode des Uraninnachweises:

Als Lichtquelle wurde ein Quecksilberbrenner HBO 200 benutzt. Er hat den Vorteil, daß er eine größere Leuchtdichte aufweist als eine Kohlenbogenlampe (25 000 statt 18 000 Stilb.). Der Hauptanteil des austretenden Lichtes liegt beim Quecksilberbrenner bei 313, 366, 406, 436, 546 und 578 m μ . Bei der Kohlenbogenlampe liegt die Hauptenergie im Gebiete der ultraroten und roten Strahlen, also erheblich ungünstiger (s. Abb.). Die Untersuchung wird im Dunkelmzimmer durchgeführt. Der vom Quecksilberbrenner ausgehende Lichtstrahl wird gebündelt und durch einen mit der Untersuchungsprobe gefüllten dünnen Glaskolben geschickt. Der Untersucher blickt von der Seite auf das Lichtbündel. Zur Betrachtung wählt man zweckmäßigerweise einen dunklen Hintergrund. Schaut man etwas schräg (in einem Winkel von ungefähr 70°) und bewegt den Kopf dabei etwas hin und her, so wird die Fluoreszenz am deutlichsten.

Die Beseitigung störender Teilchen aus getrübbtem Wasser zum besseren Nachweis des Uranins:

Durch Filtration sind feine Trübungen in der zu untersuchenden Lösung nicht zu beseitigen. Zusätzlich besteht beim Filtrieren noch die Gefahr der Adsorption an das Filter, so daß geringste Mengen unentdeckt bleiben können bzw. beim quantitativen Nachweis geringere vorgetäuscht werden. Deshalb wurde ein neuer Weg beschritten. Die Wasserproben werden mit der Ultrazentrifuge zentrifugiert. Diejenigen Teilchen, die die Trübung verursachen, werden ausgeschleudert, der Überstand wird abgehebert und untersucht. Zentrifugieren mit üblichen Zentrifugen reicht nicht aus. Um die Lösung auch von feinen Trübungen zu befreien, zentrifugieren wir bei 12 000 UpM 2 Stunden lang. Bei der verwendeten Zentrifuge (Pirouette Phywe) werden

Ein Uraningehalt von 0,5 γ /l war nach dem Zentrifugieren einwandfrei zu erkennen. Bei den Proben zu 0,25 γ /l zeigte sich in allen Fällen eine bläuliche Fluoreszenz, die zweimal einen grünlichen Schimmer aufwies, sonst aber negativ gewertet wurde.

Weiterhin sollte geklärt werden, wie Uranin durch opaleszente bis getrübte Wässer verdeckt werden kann. Deshalb wurden Trübungen verschiedener Wasserproben bestimmt. Alle Trübungsmessungen wurden mit dem Elko II (Zeiss) bei 2 cm Schichtdicke und Filter S 42 gegen Aqua bidest. vorgenommen. Die Extinktion, auf eine Schichtdicke von 10 cm umgerechnet, gibt nach den deutschen Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung den Grad der Klarheit bzw. Trübung an.

Die Versuche wurden z. T. mit Brunnenwasser aus der hiesigen Gegend mit definiertem Trübungsgrad bzw. nach Hinzufügung einer getrübbten Flüssigkeit zum Leitungswasser durchgeführt. So wurden Lösungen von Uranin hergestellt, die folgende Trübungsgrade aufwiesen:

Uranin/Wasser	100 γ /l	50 γ /l	25 γ /l	10 γ /l	5 γ /l	1 γ /l
Trübungsgrad	0,185	0,195	0,175	0,175	0,155	0,150
v. d. Zentrifug.	+	+	—	—	—	—
n. d. Zentrifug.	+	+	+	+	+	+

Die Versuche wurden mit gleichen Mengen mit etwas stärkerer Trübung wiederholt und brachten das gleiche Ergebnis.

Weitere Versuche wurden bei einem Trübungsgrad von 0,18 mit dem Wasser eines Horizontalbrunnens unternommen, z. B.:

Uranin/Wasser	25 γ /l	20 γ /l	15 γ /l	10 γ /l	5 γ /l	1 γ /l
v. d. Zentrifug.	+	—	—	—	—	—
n. d. Zentrifug.	+	+	+	+	+	+

Dieses Ergebnis blieb konstant.

Uraninmengen von 20 γ /l abwärts werden also bei einem Trübungsgrad von 0,18 durch das Tyndallphänomen verdeckt. Nach zweistündigem Zentrifugieren mit 12 000 UpM und vorsichtigem Abhebern sind die Proben klar. Es stört kein Tyndallphänomen mehr. Mengen von 1 γ /l sind einwandfrei nachweisbar. Die Uraninkonzentrationen der zentrifugierten Proben dieser Versuchsreihe wurden mit Testlösungen der gleichen Konzentrationen verglichen, die mit klarem Wasser auf ein pH 8 eingestellt waren. Ein Unterschied in der Fluoreszenzstärke war nicht festzustellen. Stellt man entsprechende Testlösungen her, kann man den Uraninnachweis nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ durchführen.

Versucht man den Nachweis in getrübbtem Wasser, das vorher nicht zentrifugiert wurde, so stört das

Tyndallphänomen und täuscht unter Umständen bei einem Uraningehalt von 25 γ /l in einer Probe eine Menge von nur 5 γ /l vor.

Über den Nachweis geringster Mengen in getrübtetem Wasser wurden Versuche mit Wasser von einem Trübungsgrad von 0,15 durchgeführt, z. B.:

Uranin/Wasser	0,25 γ /l	0,50 γ /l	0,75 γ /l	1,00 γ /l
v. d. Zentrifug.	—	—	—	—
n. d. Zentrifug.	—	+	+	+
v. d. Zentrifug.	—	—	—	—
n. d. Zentrifug.	—	+	+	+
v. d. Zentrifug.	—	—	—	—
n. d. Zentrifug.	—	+	+	+

Diese Versuche zeigten, daß es gelingt, in getrübtetem Wasser 0,5 γ Uranin/l nachzuweisen, wenn die Proben mit Ultrazentrifugen entsprechend vorbehandelt werden.

Um noch geringere Mengen zu erfassen, wurde versucht Uranin anzureichern.

II. Anreicherung von Uranin in Wasserproben

In Vorversuchen wurden 100 ml einer Uraninlösung (1 γ /l) nach Ansäuern mit 3 Tropfen konzentrierter HNO_3 mit 30 ml Äther ausgeschüttelt. Der Äther wurde abgehebert und nach Zugabe von 1 Tropfen NH_3 aus Uranin untersucht. Die Ätherauszüge waren stets negativ. Nun wurde dem Äther etwas Aqua dest. zugegeben, geschüttelt, und in diesem die Fluoreszenz geprüft. Von 3 Versuchen war diesmal 1 positiv.

Bei Prüfung der Wasserstoffionenkonzentration nach dem Ansäuern und nach dem Alkalisieren stellte sich heraus, daß die Überführung geringer Mengen Uranin von der wäßrigen in die organische Phase und umgekehrt von dem jeweiligen pH-Wert abhängig ist. Es wurde mehrmals folgender Versuch durchgeführt:

100 ml (0,7 γ /l) + 1 Tropfen HNO_3 pH 3,7 wurden mit Äther 30mal geschwenkt, der Äther abgehebert + 1 Tropfen NH_3 pH 9,2 mit 10 ml Aqua dest. ausgeschüttelt. Darin war die Fluoreszenz deutlich. Somit ist 0,1 γ Uranin/l nachweisbar.

Nun wurden die Anreicherungsversuche mit 1 l Aqua dest. und Uraninmengen ab 0,01 bis 0,05 γ /l vorgenommen. Um bei solchen Mengen Fehlergebnisse durch zufällige Verunreinigung mit Uraninspuren oder Täuschungen auszuschließen, wurde mit den gleichen Geräten und Reagenzien ein Kontrollversuch durchgeführt. Die Wasserprobe wird mit Salpetersäure auf ein pH 3 bis 4 eingestellt. In einem Standzylinder mit Schliffstopfen werden

auf 1 l Wasser ca. 200 ml Äther gegeben. Durch 30maliges Schwenken des Zylinders wird das Uranin aus der wässrigen in die organische Phase übergeführt. Der überstehende Äther wird abgehebert und mit NH_3 auf ein pH 9 bis 10 gebracht. Das Uranin wird nach Zugabe einer geringen Menge Aqua dest. (5 bis 10 ml) durch Schütteln wiederum in die wäßrige Phase gebracht. Dort wird die Fluoreszenz, wie oben beschrieben, nachgewiesen. Dies wurde nun mit verschiedenem Uraningehalt des öfteren durchgeführt. Die folgende Tabelle gibt von diesen Versuchen die Mengen und die dazugehörigen pH-Werte an, z. B.:

Konzentration in γ/l	n. Ansäuern	n. Alkalisier.	Uraninnachweis
0,05	pH 3,1	pH 9,7	+
0,03	pH 3,1	pH 9,9	+
0,02	pH 3,5	pH 9,8	+
0,02	pH 3,0	pH 10,0	+
0,02	pH 4,5	pH 9,8	+
0,01	pH 3,5	pH 9,8	+
0,00	pH 3,5	pH 9,8	

Somit kann mit der Anreicherungs-methode in einem Wasser 0,01 γ/l Uranin nachgewiesen werden.

Mengen von 0,05 γ/l sind nach der Anreicherung auch von Ungeübten einwandfrei zu erkennen. Die Fluoreszenz von $1/100 \gamma$ Uranin in 1 l Wasser zu erkennen, verlangt einiges Vertrautsein. Getrübte Wässer werden zuerst in der Ultrazentrifuge geklärt.

Diskussion

In der Literatur weichen die Angaben über nachgewiesene Uraninkonzentrationen stark voneinander ab. Zum großen Teil ist dies den verschiedenen Untersuchungsmethoden zuzuschreiben. Gewisse Differenzen dürften auch, vor allem bei älteren Arbeiten, auf dem unterschiedlichen Reinheitsgrad des Fluoresceins beruhen. Heute fällt diese Fehlerquelle weg, weil man stets das gleiche Präparat verwendet. Nach den Berichten fast aller Autoren liegt die Nachweisschwierigkeit in der Beseitigung der feinen Trübungen im Wasser, die das Erkennen geringer Uraninmengen verhindern. Um ein klares Wasser zu erhalten, wurde bisher meist filtriert. In den Berichten wird jedoch häufig darauf hingewiesen, daß langes Filtrieren ungünstig sei, da Uranin vom Filter z. T. absorbiert wird.

Um dies zu verhindern, wurde der Weg des Zentrifugierens beschritten. Dabei kommt man allerdings nicht mit normalen Zentrifugen aus, sondern muß Ultrazentrifugen mit Tourenzahlen von mehr als 10 000 UpM verwenden, um das Tyndallphänomen zu beseitigen. Auch mit der Ultrafiltration würde man Trübungen ausreichend entfernen können. Da dabei jedoch die Gefahr der Adsorption besteht, bleibt diese Methode fragwürdig. Durch das

Zentrifugieren konnten in getrübten Wasserproben noch Konzentrationen von 0,5 γ /l Uranin direkt nachgewiesen werden.

Um auch Spuren von Farbstoff aufzufinden, wurden in der Literatur angegebene Anreicherungsverfahren auf ihre Brauchbarkeit untersucht. Die Verfahren nach *Ohlmüller*, *Quitow* und *Eissele* wurden dahingehend modifiziert, daß das zeitraubende Eindampfen weggelassen und die Fluoreszenz nicht im Äther geprüft wurde. Bei der Überführung von der wäßrigen in die organische Phase wirkt sich ein pH von 3 bis 4, bei dem entgegengesetzten Wechsel von 9 bis 10 am günstigsten aus. Im Äther werden geringe Mengen Uranin von einer bläulichen Fluoreszenz des Lösungsmittels verdeckt. Selbst 1 γ /l ist nach der Anreicherung beim Nachweis im Äther nicht deutlich zu erkennen. In der wässerigen Phase war die Fluoreszenz in jedem Falle besser. Es gelang so Mengen von 0,05 bis 0,01 γ /l Uranin nachzuweisen. Mitteilungen über die Unbrauchbarkeit von Uranin, z. B. zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit, beruhen auf einer schlechten Nachweismethode. Wenn erst über 20 γ /l nachzuweisen sind, kann eine geringe Fließgeschwindigkeit nicht überraschen. Da die Diffusion bei solchen Versuchen vernachlässigt werden kann, sind die geringsten gefundenen Mengen einzig und allein für materielle Zusammenhänge, auf die es hygienisch ankommt, ausschlaggebend.

Zusammenfassung

1. Es gelingt im gebündelten Licht einer Quecksilberhochdrucklampe im Dunkelzimmer 0,5 γ /l Uranin in klarem Wasser nachzuweisen. 2. In getrübttem Wasser kann diese Grenze ebenfalls erreicht werden, wenn das Tyndallphänomen durch Zentrifugieren mit der Ultrazentrifuge beseitigt wird. 3. Mit der beschriebenen Anreicherung gelingt es, noch 0,05 bis 0,01 γ /l Uranin nachzuweisen. 4. Objektive Unterlagen für die hygienische Beurteilung von Grundwasser sind mit der Färbung einfach und denkbar zuverlässig zu gewinnen.

Summary

1. In the focussed beam of a mercury high pressure lamp set up in a dark room, it is possible to detect 0,5 γ /l of uranine in clear water. 2. In turbid water this limit can also be reached if the Tyndall phenomenon is eliminated by ultracentrifugation of the sample. 3. By the method of concentration described, even 0,05—0,01 γ /l of uranine may be demonstrated. 4. By using this indicator substance, objective information for the grading of ground water may be gathered simply and reliably.

Résumé

1. On est parvenu à déceler dans une chambre noire, à l'aide d'un faisceau lumineux d'une lampe à haute pression de mercure 0,5 γ /l d'uranine dans l'eau claire. 2. Dans l'eau trouble, cette valeur-limite peut être aussi atteinte quand le phénomène Tyndall est annulé par centrifugation à l'aide d'une machine ultra-centrifuge. 3. Avec l'opération décrite on arrive à déceler encore de 0,05 à 0,01 γ /l d'uranine. 4. Des documents objectifs pour l'examen hygiénique des eaux souterraines peuvent être obtenus d'une façon simple et sûre par la coloration.

Schrifttum

- 1 Denzler, Th., Diss. Erlangen 1952 — 2 Dienert, M. F., Bull. Soc. Chem. France **5** (1909): 326 — 3 Egger, F., Vom Wasser. Berlin 1929. Bd. 3, S. 2233 — 4 Eissele, K., GWF **1957**: 84 — 5 Emmart, E. W., Arch. Biochem. **731** (1958): 1 — 6 Fierz-David, Künstliche organische Farbstoffe, Berlin 1926 — 7 Fleury, E., Geographie **10** (1904): 164 — 8 Gasperini, G., Zschr. Wasserversorg. **3** (1916): 75 — 9 Grac, Mc. Ph. D. u. G. Stock, J. Hyg. **1907**: 182 — 10 Helb, W. u. W. Merkel, GWF **97** (1956): 1019 — 11 Kisskalt, K., Arch. Hyg. **125** (1941): 29 — 12 Kisskalt, K. u. M. Knorr, Arch. Hyg. **105** (1930): 349 — 13 Knorr, M., Arch. Hyg. **113** (1935): 274 — 14 ders., GWF **80** (1937): 330 — 15 ders., ebda. **92** (1951): 104, 151 — 16 Knorr, M. u. Muselmann, Arch. Hyg. **123** (1940): 349 — 17 Knorr, M., Zbl. Bakt. I Orig. **160** (1953): 3 — 18 Lüning, Gesd. Ing. **44** (1921): 18 — 19 Mayer, A. E. H. u. E. O. Seitz, Ultraviolette Strahlen, Berlin 1942. 2. A. — 20 Marboutin, F., Bull. Soc. belge gynéc. obstétr. **15** (1901): 214 — 21 Martel, E. A., Compt. Acad. sc. **157**: 1102 — 22 Martin et Brouardel, Traite d'hygiene **2** (1925): 123 — 23 Merkel, W., Wasser, Luft, Betrieb **4** (1960): 128 — 24 Quitzow, W., Wasser **11** (1905): 75 — 25 Schübel, F. W., Arch. Hyg. **116** (1936): 322 — 26 Schulz, G., GWF **95** (1954): 376 — 27 Trillat, A., Ann. Inst. Pasteur, Paris **1899**: 444 — 28 Umeda, M., Gann, Tokyo **47**: 51.

Lebenslauf

Am 19. 4. 1933 wurde ich, Otto-Jürgen Klatte, als Sohn des damaligen Stadtinspektors Otto-Carl Klatte und seiner Ehefrau Erna, geb. Gröning, in Kolberg geboren. Im Jahre 1939 kam ich zur Schule. Seit 1943 besuchte ich 2 Jahre lang die dortige Oberschule bis zur Flucht vor den Russen 1945. Nach einer einjährigen Unterbrechung durch die Kriegswirren, konnte ich meine Schulbildung auf der Oberschule für Jungen in Uelzen fortsetzen und sie dort mit der Reifeprüfung zu Ostern 1952 beenden.

Die ersten 3 Semester meines Medizinstudiums war ich an der Universität in Hamburg immatrikuliert. Im Wintersemester 1953 ging ich an die Friedrich-Alexander-Universität in Erlangen, wo ich im Herbst des Jahres 1954 das Physikum bestand. Während des klinischen Studiums erlitt ich schuldlos einen schweren Verkehrsunfall und mußte meine Ausbildung für 1 Jahr unterbrechen. Im Frühjahr 1959 bestand ich das medizinische Staatsexamen mit „sehr gut“. Zur endgültigen Beseitigung der beim Unfall erworbenen Osteomyelitis mußte ich mich noch einmal einer längeren operativen Behandlung unterziehen. Seit dem 1. Januar 1960 bin ich am Hygienischen Institut in Erlangen als Medizinalassistent tätig.

Am 27. 4. 1957 heiratete ich Frl. cand. med. Astrid Meixner. Aus der Ehe stammt eine Tochter, die am 18. 6. 1960 geboren wurde.

